

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva i brodogradnje

ZAVRŠNI RAD

Josip Turkalj

Zagreb, 2010.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva i brodogradnje

ZAVRŠNI RAD

Voditelj rada:

Dr. Sc. Mladen Šercer

Josip Turkalj

Zagreb, 2010.



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
 Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:

proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo materijala i mehatronika i robotika



Sveučilište u Zagrebu	
Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum:	Prilog
Klasa:	
Ur. broj:	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **JOSIP TURKALJ**

Mat. br.: 0035151798

Naslov: **ODRŽIVO UPRAVLJANJE POLIMERNIM OTPADOM**

Opis zadatka:

Recikliranje plastičnog otpada komplicira činjenica da postoji oko 50 različitih vrsta plastičnih materijala danas na tržištu, iako 2/3 potrošnje plastičnih materijala otpada na 5 širokoprimgjenjivih plastomera. Plastični materijali se u većini slučajeva mogu ručno razvrstavati prema vrstama prije recikliranja, iako postoje i automatski sustavi razvrstavanja. Nakon razvrstavanja, pojedina vrsta plastičnog otpada može se mehanički ili kemijski reciklirati.

Mehaničko recikliranje zahtijeva velike homogene količine istovrsnog materijala, budući da postrojenja za recikliranje nisu pogodna za male količine. Zemlje s velikim postotkom uporabe otpadne plastike uspješno su i u energijskoj uporabi i u recikliranju. To dokazuje da strategija koja uključuje energijsku uporabu nije prepreka postizanju dobrih rezultata recikliranja. Potrebno je uskladiti obje strategije jer niti jedna zemlja nije u mogućnosti reciklirati svu otpadnu plastiku.

U radu je potrebno obraditi mogućnosti uporabe otpadne plastike i gume, te predložiti rješenje za zbrinjavanje polimernog otpada u Republici Hrvatskoj.

Zadatak zadati:

11. prosinca 2009.

Zadatak zadao:

Prof. dr. sc. Mladen Šencer

Rad predaje rada:

Prosinac 2010.

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Dubravko Majetić

Referada za diplomske i završne ispite

Obrazac IS - 36/PIPs - 36

Izjavljujem da sam ovaj rad načinio samostalno, svojim znanjem te uz pomoć navedene literature.

Zahvala

Zahvaljujem se svom mentoru prof. dr. sc. Mladenu Šerceru i asistentici pri Katedri za preradu polimera mr. sc. Maji Rujnić-Sokele, na pruženoj pomoći i korisnim savjetima.

Posebnu zahvalu dugujem svojim roditeljima na potpori koju su mi pružili tokom svih godina mog školovanja.

Sažetak

Gomilanje otpada na odlagalištima predstavlja globalni problem. S ekološkog stajališta takav način zbrinjavanja nije prihvatljiv. Kako se količine otpada neprestalno povećavaju, a odlagališta imaju ograničen kapacitet za prihvatanje otpada, potrebno je potražiti nova rješenja kako učinkovito zbrinuti nagomilani otpad.

Dva moguća rješenja su materijalna (recikliranje) i energijska uporaba. Postupkom recikliranja, odvojeno sakupljeni otpad se vraća u prerađivačke pogone, te se dobiveni reciklat upotrebljava za izradu novih proizvoda. Energijska uporaba iskorištava svojstvo otpada da je goriv, pri čemu se iskorištava nastala toplina.

Za uspješnu provedbu strategije zbrinjavanja otpada potrebno je imati odgovarajuću potporu na državnoj razini. Iako je recikliranje naizgled najbolji način zbrinjavanja, ono zahtijeva sudjelovanje velikog broja građana u odvojenom sakupljanju, što je u praksi teško provedivo. Problem koji se s vremenom javlja je i gubitak svojstava samog reciklata uslijed učestalog recikliranja, pa se kao krajnje rješenje za zbrinjavanje takvog otpada nameće energijska uporaba. Stoga se zaključuje kako je potrebno uskladiti obje strategije zbrinjavanja plastičnog otpada kako bi se očuvali neobnovljivi prirodni resursi, zaštitio okoliš i zdravlje ljudi, te potaknuo održivi gospodarski razvoj.

Sadržaj

1. UVOD.....	9
2. PLASTIČNI OTPAD	10
3. GOSPODARENJE OTPADOM	16
4. POSTUPCI OPORABE PLASTIČNOG OTPADA	17
4.1. Mehaničko recikliranje	19
4.2. Kemijsko recikliranje.....	23
4.2.1. Piroliza	25
4.2.2. Rasplinjavanje.....	26
4.2.3. Spaljivanje plazmom	28
4.3. Energijska uporaba.....	30
5. OPORABA PLASTIČNOG OTPADA U EUROPI	32
5.1. Sakupljanja i uporabe plastičnog otpada u Austriji	34
5.2. Sakupljanje i uporaba plastičnog otpada u Belgiji	37
6. SUSTAV ZBRINJAVANJA PLASTIČNOG OTPADA U RH.....	40
6.1. Zbrinjavanje ambalažnog otpada (PET boce)	40
6.2. Odvojeno sakupljanje otpada	41
6.3. Probni projekt odvojenog sakupljanja ostalog plastičnog otpada	46
7. PRIJEDLOG SUSTAVA ZBRINJAVANJA PLASTIČNOG OTPADA U RH	48
8. ZAKLJUČAK	53
9. LITERATURA.....	54

Popis slika:

Slika 2.1. Izvedbe odlagališta otpada	11
Slika 2.2. Odlagalište otpada	12
Slika 2.3. Procijenjeni udjeli različitih vrsta otpada u godišnjoj količini otpada u RH.....	13
Slika 4.1. Životni ciklus plastike	17
Slika 4.2. Shema mehaničkog recikliranja plastičnog otpada	20
Slika 4.3. Postrojenje za regeneriranje jako onečišćenoga plastičnog otpada	21
Slika 4.4. Postrojenje za pravljenje izravno prešanih otpresaka od otpadne plastike	22
Slika 4.5. PUROX postupak rasplinjavanja plastičnog otpada.....	27
Slika 4.6. Shema rada plazma postrojenja	29
Slika 5.1. <i>Green Dot</i> oznaka.....	32
Slika 5.2. Oporaba plastičnog otpada u Europi.....	34
Slika 5.3. Udio sakupljenog ambalažnog otpada ARA sustavom	36
Slika 6.1. Spremnici za pojedine vrste kućnog otpada	42
Slika 6.2. Udio odvojeno prikupljenog otpada.....	43
Slika 6.3. Letak s uputama kako postupati s otpadom.....	45
Slika 7.1. Energana na otpad, Esbjerg, Danska	51

Popis tablica:

Tablica 2.1. Vijek trajanja pojedinih plastičnih proizvoda	10
Tablica 2.2. Sustav označavanja plastičnih pakovanja	14
Tablica 5.1. Rezultati sakupljanja i uporabe ostvareni u 2009. godini	37
Tablica 5.2. Prihodi ostvareni plaćanjem naknade za korištenje <i>Green Dot</i> oznake	38
Tablica 7.1. Cijenik komunalnih usluga odvoza otpada u Gradu Čakovcu	50

1. UVOD

Proizvode od plastike i gume susrećemo u svakodnevnom životu, kao sastavne dijelove tehničkih uređaja (mobiteli, TV uređaji, računala, kućanski električni uređaji), automobilske dijelove, građevinski materijali (npr. izolacijske ploče, PVC stolarija), te ambalaža prehrambenih i kozmetičkih proizvoda. Razlozi za sve veću primjenu plastike su mnogobrojni, a uključuju nisku cijenu prerade, malu masu, različite mogućnosti prerade s ciljanim svojstvima i sl. Moderni trendovi, koji zahtijevaju da proizvod bude lagan i izdržljiv, čine plastiku idealnim izborom, a kao jedan od najznačajnijih čimbenika ističe se onaj ekonomski, tj. energija potrebna za proizvodnju plastičnih proizvoda.

Kao i svaki materijal, plastika i guma imaju svoj vijek trajanja. Ponekad se radi o gubitku fizičkih svojstava proizvoda (npr. automobilske pneumatici), no često proizvodi završe kao otpad jer su jednostavno *izašli iz mode* (računala, TV uređaji i sl.). Odlagališta nisu prihvatljivo rješenje u pogledu zaštite okoliša. Naime, otpad je moguće oporabiti na više načina, pri čemu se čuvaju prirodni resursi, a ujedno smanjuje količina samog otpada na odlagalištima.

Tehnologije uporabe plastike su se s vremenom razvijale, pa je tako danas postupcima recikliranja moguće proizvesti reciklat koji ima svojstva gotovo identična kao i izvorni materijal.

2. PLASTIČNI OTPAD

U današnje potrošačko vrijeme, razvijena međunarodna trgovina, tj. globalno tržište, za posljedicu ima stalno povećanje otpada. Velika količina uvezenih proizvoda znači i veliku količinu otpada koju je potrebno na odgovarajući način zbrinuti. Vijek upotrebe za pojedine proizvode varira, od nekoliko godina pa čak do deset godina. U tablici 2.1 navedena su očekivana vremena uporabe nekih tipičnih plastičnih proizvoda.

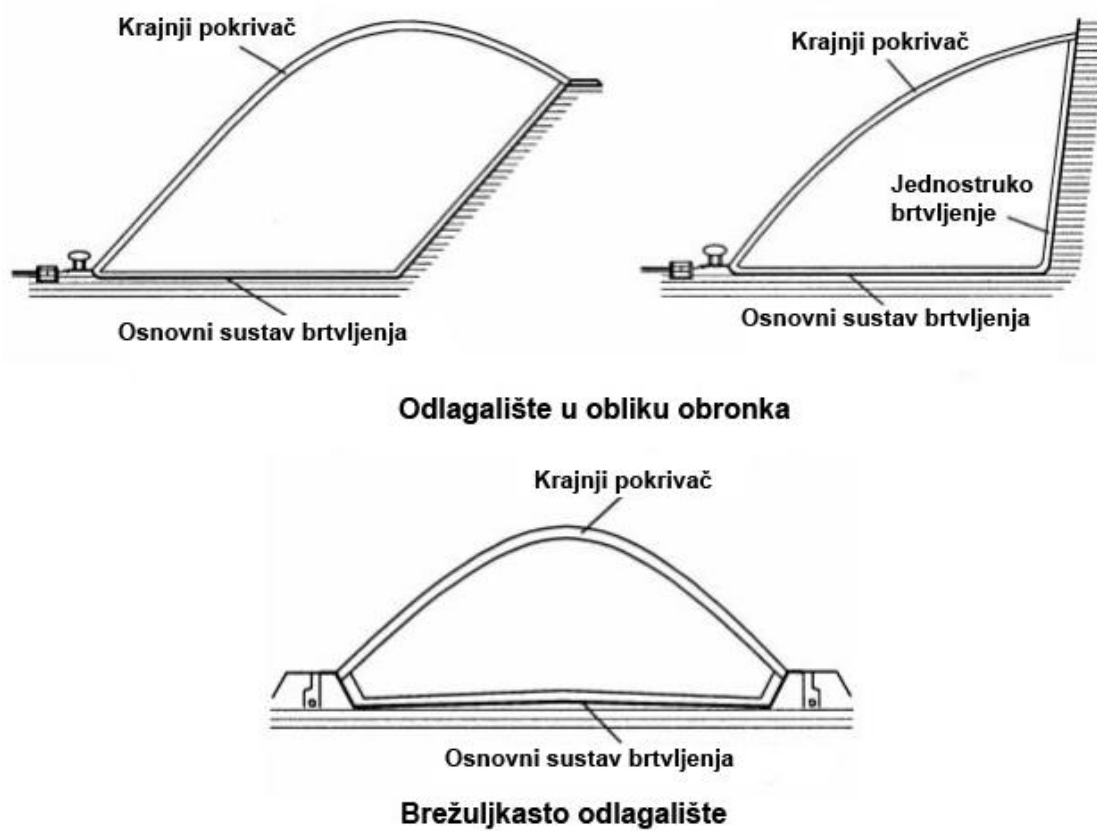
Tablica 2.1. Vijek trajanja pojedinih plastičnih proizvoda [1]

Tvorevina	Vijek trajanja
<ul style="list-style-type: none">• pakovanja za hranu• boce, spremnici• neki filmovi	kraće od dvije godine
<ul style="list-style-type: none">• bijela tehnika• proizvodi za kućanstvo• dijelovi automobila	od dvije do deset godina
<ul style="list-style-type: none">• cijevi• konstrukcijski proizvodi (npr. profili od PVC-a, kableske izolacije)	dulje od deset godina

Osim što je plastika napravljena od neobnovljivih sirovina, ona je uglavnom *nerazgradiva* (tj. proces razgradnje je vrlo spor). To znači da je plastični otpad često najuočljivija vrsta otpada u okolišu, te će se vidjeti tjednima ili mjesecima, a na odlagalištima će provesti godine prije nego se razgradi. [2]

Mjesta gdje se otpad zbrinjava su odlagališta. Ona predstavljaju najstariji način zbrinjavanja otpada, gdje se mješoviti otpad odlaže na odgovarajuće pripremljenu lokaciju, kako bi se spriječilo prodiranje otpada u zemlju i onečišćavanje eko-sustava.

Najčešće izvedbe odlagališta su brežuljkasta i odlagališta u obliku obronka, čiji izgled je prikazan na slici 2.1.



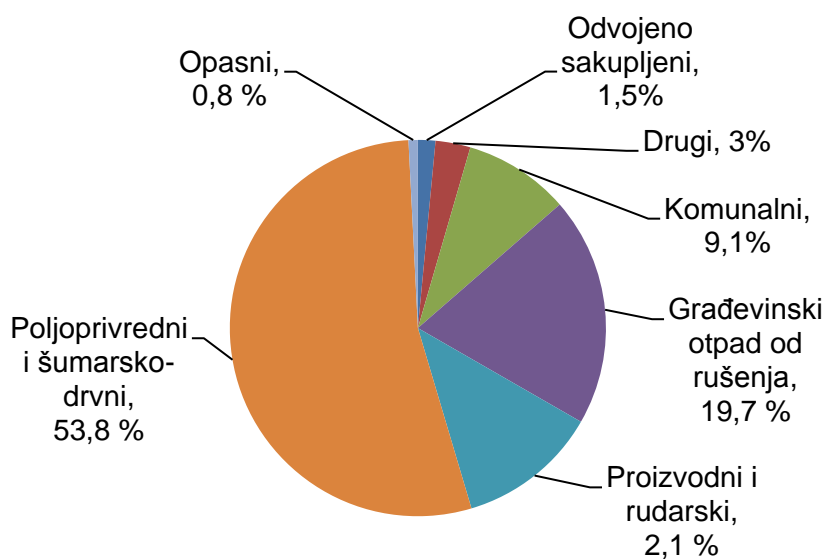
Slika 2.1. Izvedbe odlagališta otpada [3]

Na slici 2.2 prikazano je odlagalište otpada na odgovarajuće pripremljenoj lokaciji.



Slika 2.2. Odlagalište otpada [4]

Otpad na odlagalištima je uglavnom miješani otpad, tj. sastoji od otpada iz industrije, kućanstava (komunalni otpad), građevinskog otpada i slično. Na slici 2.3 prikazan je udio pojedinog otpada u RH.



Slika 2.3. Procijenjeni udjeli različitih vrsta otpada u godišnjoj količini otpada u RH [5]

Pošto je nastajanje otpada nemoguće spriječiti, potrebno je poduzeti sve mjere kako bi se maksimalno smanjilo njegovo nastajanje. Pri tome se treba držati smjernica sukladno hijerarhiji: [6]

- prevencija,
- priprema za ponovnu upotrebu,
- recikliranje,
- energijska uporaba i
- odlaganje.

Prvi korak u sprječavanju nastanka otpada podrazumijeva odvajanje onih materijala koji se mogu oporabiti, tj. iskoristiti za proizvodnju novih proizvoda.



Danas se odlagališta otpada saniraju. Obnova, recikliranje i energijska uporaba se primjenjuju kako bi se kontrolirala količina otpada. Iako se recikliranje i obnova

proizvoda sve češće primjenjuje, ukupna količina otpada i dalje raste, povećavajući potrebu za primarnim resursima. [7]

Postupak kojim se uspješno mogu oporabiti materijali kao što su plastika, metal, staklo i papir je recikliranje. Najveći problem koji otežava recikliranje je izmiješanost otpada, pa se vrlo teško mogu izdvojiti pojedini materijali koji se mogu reciklirati. Iako postoje automatska postrojenja za odvajanje pojedinih materijala iz miješanog otpada, uglavnom je to potrebno obaviti ručno. S obzirom na cijenu ljudskog rada za takav posao, te vrijeme koje je potrebno da bi se odvojila dovoljna količina materijala, samo recikliranje nije isplativo. U slučaju plastičnog otpada, kao rješenje koje olakšava odvajanje plastike po vrsti, jedinstveni je sustav označavanja prema kojem na svim plastičnim proizvodima i ambalaži koji se mogu reciklirati, postoji simbol koji označava od koje vrste plastike je načinjen. U tablici 2.2 prikazani su simboli označavanja plastike koja se može reciklirati.

Tablica 2.2. Sustav označavanja plastičnih pakovanja [1]

Materijal	Oznaka
1. PET – poli(etilen-teraftalat)	
2. PE-HD – polietilen visoke gustoće	
3. PVC – poli(vinil-klorid)	
4. PE-LD – polietilen niske gustoće	
5. PP – polipropilen	

6. PS – polistiren	
7. Ostali višeslojni (laminirani) materijali	

Načela recikliranja i ponovne uporabe, uz izuzimanje industrijskog otpada iz definicije otpada, vrijede dok god takav otpad zadovoljava uvjete za ponovnu uporabu. Predmet ili tvar, koji su rezultat proizvodnog procesa, čiji primarni cilj nije proizvodnja tog predmeta, može se smatrati da nije otpad. Ipak, oni se mogu smatrati nusproduktom samo ako su zadovoljeni sljedeći uvjeti: [6]

- sigurna daljnja upotreba tvari ili predmeta,
- tvar ili predmet se mogu izravno upotrijebiti bez dodatnih postupaka preradbe,
- tvar ili predmet su sastavni dio proizvodnog procesa i
- daljnja upotreba je u skladu sa zakonom o otpadu i zaštiti okoliša.

3. GOSPODARENJE OTPADOM

Gospodarenje otpadom je temelj za održivi razvoj. Smanjenje utjecaja otpada na okoliš zahtijeva: [8]

- praćenje otpada,
- sakupljanje otpada,
- transportiranje otpada,
- preradu otpada i
- odlaganje otpada.

Učinkovite strategije zbrinjavanja otpada potiču smanjenje ili izbjegavanje štetnih utjecaja na okoliš i ljudsko zdravlje, te unaprijeđuju ekonomski razvitak i kvalitetu života. Ciljevi zbrinjavanja otpada su: [8]

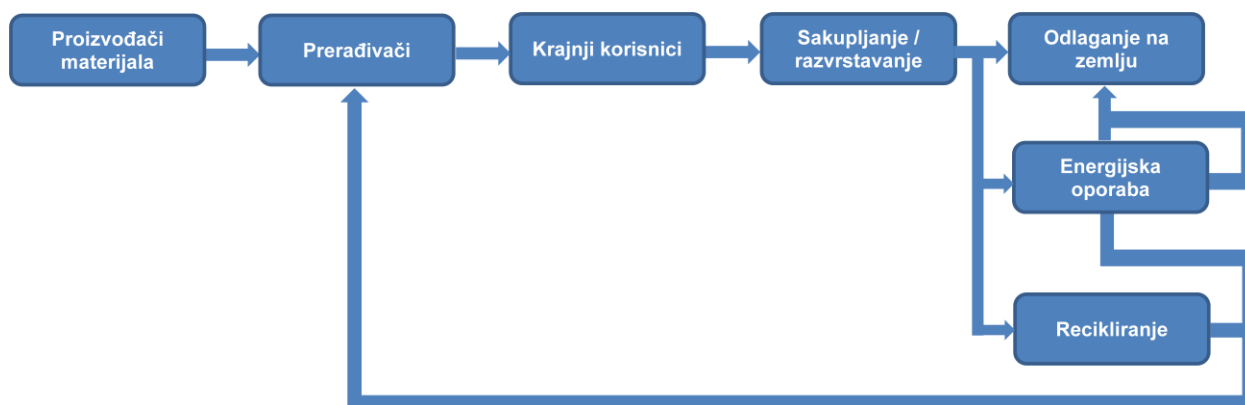
- sačuvati rezerve vode, energije i sirovina,
- spriječiti onečišćenje zemlje, zraka i vode,
- poboljšati poslovni razvitak te održati društvenu odgovornost i
- poboljšati zdravlje i sigurnost.

Mnoge države i organizacije provode politiku *nultog otpada*. Cilj ovog pristupa je utjecati na smanjenje otpada pri samoj proizvodnji primjenom dizajna, tj. proizvodnjom proizvoda koji su uglavnom od istovrsnog materijala, čime se olakšava potrebno razvrstavanje za recikliranje. Također uključuje mjere smanjenja koje se odnose na ostatak lanca, kao što su: čišća proizvodnja, rastavljanje proizvoda, recikliranje, popravak i ponovna upotreba. [8]

4. POSTUPCI OPORABE PLASTIČNOG OTPADA

Postupke oporabe plastičnog otpada potrebno je provoditi na način da se minimizira utjecaj pojedinog procesa oporabe na onečišćenja okoliša. Cilj je povećati djelotvornost samog postupka oporabe, čime se ostvaruje ušteda energije, a ujedno i smanjuje onečišćenje. [9]

Ciklus koji plastični proizvod prijeđe od materijala preko prerađivača do kupca, te konačnog zbrinjavanja, prikazan je na slici 4.1.



Slika 4.1. Životni ciklus plastike [10]

Oporaba je postupak kojim se iskorištava materijal koji je završio na otpadu. Pri tome su moguća dva načina oporabe: [1]

- materijalna oporaba i
- energijska oporaba.

Sukladno legislativama koje propisuju da se otpad na odlagalištima mora smanjiti za 35 % u razdoblju od 1995. do 2020. godine, pristupi koji nude rješenje su: [11]

- primarno recikliranje otpada poznatog porijekla,
- mehaničko recikliranje, pri čemu se polimeri odvajaju i razvrstavaju iz mješanog otpada i zatim dalje prerađuju,

- kemijsko recikliranje, kod kojeg se vrši depolimerizacija na monomere ili djelomična degradacija na druge vrijedne sirovine,
- energijska uporaba, predstavlja učinkovit način za smanjenje volumena organskog materijala spaljivanjem.

Mehaničko recikliranje zahtijeva veće količine istovrsnog materijala. Obilježje ovog postupka je proizvodnja granulata ili praha od otpadne plastike i gume, koji se dalje koristi za proizvodnju novih proizvoda, ili kao punila.

Za mehaničko recikliranje prikladna sirovina su otpadni gumeni pneumatiki. Pod pojmom *otpadni gumeni pneumatiki*, misli se na pneumatike s osobnih automobila, radnih strojeva i sl., koje završe na otpadu zbog gubitka fizikalnih svojstava ili istrošenosti i oštećenja. Zbog svojeg sastava i strukture, pogodni su za mehaničko recikliranje, a mogu se i spaljivati pri čemu se iskorištava nastala toplinska energija.

Mnoga svojstva koje gumeni pneumatiki imaju tijekom upotrebe ostaju važeće i kod primjene rabljenih gumenih pneumatika u sekundarnoj fazi njihove obrade, kada se guma koristi kao materijal za izradu drugih vrsta proizvoda. U svakom obliku guma zadržava svoje inherentne karakteristike uključujući usporen razvoj bakterija, otpornost na plijesan, toplinu i vlagu, sunčanu svjetlost i UV zračenje, kao i na razne vrste mineralnih ulja, većinu razrjeđivača, kiselina ili drugih kemikalija. Fizikalne osobine rabljenih guma imaju veliku vrijednost jer nisu toksične, nisu biorazgradive, a njihov oblik, težina i elastičnost čine ih u potpunosti upotrebljivima za velik broj raznih proizvoda, u obliku cijelih guma, komada, granulata ili u obliku prašine. [12]

Procesom recikliranja automobilskih pneumatika dobije se do 60 % gumenog granulata, 35 % čelične žice, a 5 % čini platno. Novi proizvodi koji nastaju recikliranjem automobilskih pneumatika najčešće su zaštitne podne obloge, zvučne barijere u graditeljstvu, oznake za cestovni promet, podloge za sportske dvorane, obloge u izolaciji krovova, ležeci policajci, potplati za cipele, automobilski dijelovi i sl. [12]

Kemijsko recikliranje obuhvaća sve postupke koji tijekom recikliranja iskorištavaju kemijska svojstva plastike i gume. Pritom se ne mijenja samo oblik i funkcija primarnog proizvoda već i molekularna struktura materijala. Za kemijsku uporabu pogodni su svi polimeri: [1]

- duromeri,
- elastomeri,
- elastoplastomeri i
- plastomeri.

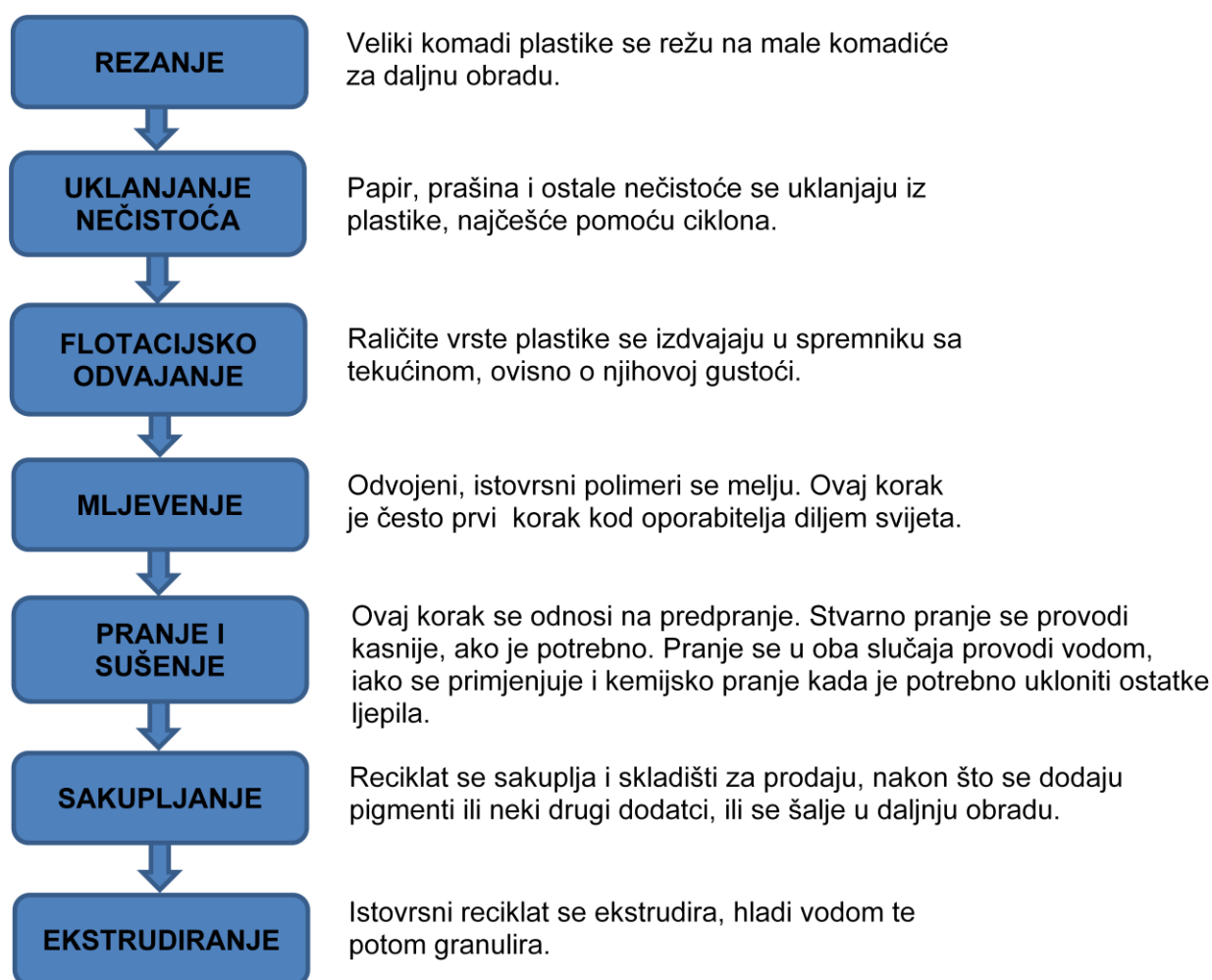
Energijska uporaba predstavlja konačni način zbrinjavanja otpada. Postupak se primjenjuje za otpad koji se ne može iskoristiti recikliranjem, uz dobivanje toplinske i električne energije, pri čemu se smanjuje volumen otpada na odlagalištima.

4.1. Mehaničko recikliranje

Mehaničko recikliranje, koje se još naziva i sekundarno recikliranje, je postupak uporabe čvrstog plastičnog otpada za ponovnu uporabu u plastičarskim pogonima. Postupak je predstavljen i komercijaliziran diljem svijeta 1970-ih godina. Mehaničko recikliranje se može primijeniti za istovrsne polimere, npr. PE, PP, PS i sl., dok onečišćeni otpad zahtjeva dodatne operacije pripreme, kao što su razvrstavanje i pranje. Navedeni postupci pripreme su nužni kako bi se proizveo kvalitetan, čist i homogen reciklat. Jedan od glavnih problema koji se javljaju kod mehaničkog recikliranja je degradacija i heterogenost plastičnog otpada. Kako su kemijske reakcije koje tvore polimere (npr. polimerizacija i polikondenzacija) reverzibilni procesi u teoriji, energijski ili toplinski utjecaj može uzrokovati fotooksidaciju i/ili mehanička naprezanja. Duljina i razgranatost polimernih lanca ovise o sadržaju oksida i/ili o utjecaju okolišnih uvjeta, te je stoga važno da postoje oporabitelji koji su spremni prihvatiti i obraditi nastali otpad u što kraćem vremenu. [13]

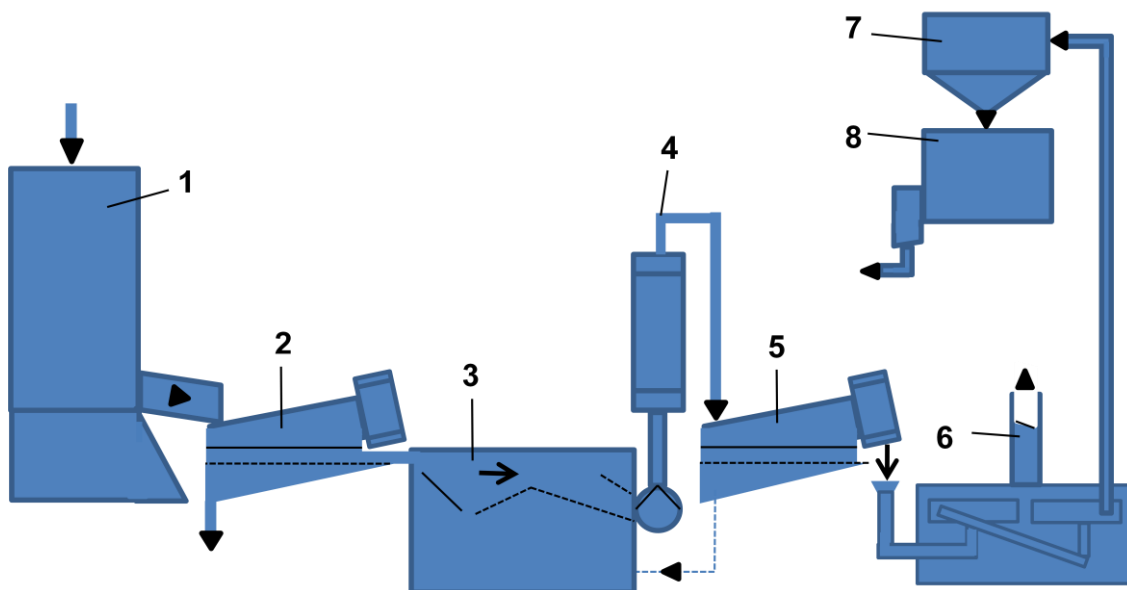
Veliki broj proizvoda koje susrećemo u svakodnevnom životu, npr. vrećice za namirnice, cijevi, profili prozora i vrata itd., su načinjeni upravo od reciklata proizvedenog mehaničkim recikliranjem. Industrijski plastični otpad je prikladna sirovina za mehaničko recikliranje zbog istovrsnosti, niske onečišćenosti i dostupnosti velikih količina. [13]

Recikliranje mehaničkim postupkom uključuje određene postupke pripreme sirovine. Kako je to skup i energijski osjetljiv proces, oporabiljelji se trude smanjiti potrebne korake pripreme što je više moguće. Općenito, prvi korak kod mehaničkog recikliranja je smanjenje veličine plastičnog otpada u prikladniji oblik, manje komade ili prah. Shema postupka mehaničkog recikliranja plastičnog otpada prikazana je na slici 4.2. [13]



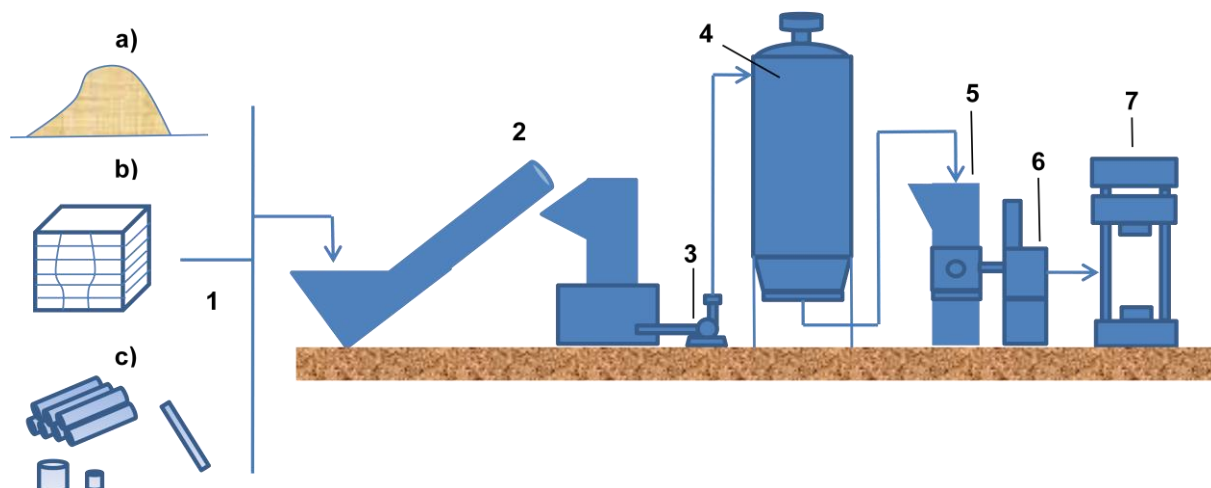
Slika 4.2. Shema mehaničkog recikliranja plastičnog otpada [13]

Na slici 4.3 prikazan je postupak mehaničkog recikliranja onečišćenih plastomera kod kojega se nečistoće odstranjuju u hidrociklonu.



Slika 4.3. Postrojenje za regeneriranje jako onečišćenoga plastičnog otpada
 1 - jedinica za usitnjavanje i pranje, 2 - treskajući žlijeb s praskajućom kupkom,
 3 - flotacijski spremnik za odvajanje teških nečistoća, 4 - hidrociklon za odvajanje teških
 čestica nečistoće, 5 - žlijeb za odvodnju vode, 6 - centrifugalna sušilica,
 7 - odbojni silos, 8 - aglomerator [1]

Tako dobiveni reciklat upotrebljava za izradbu srednjeg sloja stijenke cijevi ili za izradbu pletiva za veste. Slika 4.4 prikazuje postrojenje za pravljenje izravno prešanih otpresaka od otpadne plastike. [1]



Slika 4.4. Postrojenje za pravljenje izravno prešanih otpresaka od otpadne plastike
 a - granulat od kućnog smeća, b - kompoziti, filmovi, folije, runo, c - kruta plastika,
 1 - plastični otpad, 2 - usitnjavalica, 3 - mehanička ili pneumatska dobava, 4 - silos,
 5 - plastifikator s istiskivalicom, 6 - volumno doziranje (obujmena odmjera) plastifikata,
 7 - automatska dobava preša za izravno prešanje [1]

Gumeni se materijali mehanički oporabljaju mehaničko-toplinskim postupkom kidanja veza, postupkom poznatim pod nazivom *masticiranje*. Najveća primjena tih reciklata je pri proizvodnji asfaltnih smjesa. Nasuprot tome, takav postupak nije moguće primijeniti tijekom uporabe duromera, gdje postoji samo mogućnost dodavanja reciklata u osnovni materijal, u pravilu do 20 % na količinu novoga materijala. [1]

Oporaba otpada koji sadržava, osim plastike i gume, i druge materijale, nameće potrebu odvajanja ostalih vrsta materijala, a tek je potom moguće mehanički oporabljivati plastiku i gumu. Ako su pritom plastika i guma onečišćeni, moguća je njihova uporaba npr. ekstrudiranjem. Tržište tako proizvedenog reciklata je ograničeno, a proizvodi u pravilu zamjenjuju drvene i betonske proizvode, npr. plastične zidove za zaštitu od buke na autocestama. [1]

Poznato je da se organski materijali, npr. papir, plastika i guma, ne mogu beskonačno puta ponovno upotrebljavati, jer sa svakim procesom ponovljene uporabe materijal gubi dio svojstava. Time su mehaničkoj uporabi postavljene granice, kod nekih je materijala ona 10 ponovnih preradba. Cilj je stoga izradba reciklata osigurane kvalitete, čime se nalazi sigurno tržište i time stvarno zatvara kružni tok materijala. Za uspješnu uporabu, osim pozitivne bilance materijala, energije i troškova, treba voditi računa i o pronalaženju primjena i tržišta za reciklate. Tu je svakako, uz veće prihvatanje potrošača, potrebna i podrška zakonodavca i javnosti da bi se promijenile diskriminacijske norme i pravovaljano odobrila izgradnja postrojenja za mehaničku uporabu. [1]

4.2. Kemijsko recikliranje

Kemijsko, ili tercijarno recikliranje, podrazumijeva napredne tehnološke postupke koji pretvaraju polimerne materijale u manje molekule, najčešće kapljevine i plinove, koji su prikladne sirovine za proizvodnju novih petrokemijskih proizvoda i polimera. Izraz *kemijsko* se odnosi na činjenicu da dolazi do promjena u kemijskoj strukturi samog polimera. Produkti kemijskog recikliranja se dokazano mogu koristiti kao gorivo, a tehnologija koja koja stoji iza uspjeha je proces depolimerizacije koji rezultira visokom profitabilnošću i održivim industrijskim programom, osiguravajući visoku proizvodnost uz minimalni otpad. [13]

Iako postoji mnogo tehnologija kojima se kemijskim putem oporabljuje plastični otpad, većina njih je teško primjenjiva jer zahtijeva velika investicijska sredstva i velike količine istovrsnih otpadnih sirovina. Neke od tehnologija kemijskog recikliranja su:

- piroliza,
- rasplinjavanje,
- spaljivanje plazmom,
- hidroliza,

- hidriranje,
- recikliranje otapanjem.

Danas se najviše primjenjuju piroliza, rasplinjavanje te spaljivanje plazmom, jer su prikladni za zbrinjavanje velikih količina mješovitog otpada, a potrebne investicije za izgradnju postrojenja su niže od nekih drugih, ponekad i boljih tehnologija za zbrinjavanje otpada.

Puno pozornosti se daje kemijskom recikliranju (uglavnom nekatalitičkom toplinskom raskidanju veza (termoliza), katalitičkom raskidanju veza i degradaciji parom), kao metodi kojom se proizvode različite vrste frakcija goriva iz plastičnog otpada. Po svojoj prirodi, polimeri imaju niz prednosti za takve postupke, te se poli(etilen-traftalat) (PET) i pojedini poliamidi (PA6 i PA66), mogu se uspješno depolimerizirati. Polietilen (PE) je deklariran kao potencijalna sirovina za tehnologije koje proizvode gorivo. [13]

Toplinskim raskidanjem veza polietilena visoke gustoće (PE-HD), pomoću pet primarnih i dvije sekundarne reakcije, dobiva se plin, kapljevina, vosak, aromatske tvari i čađa. Rastući je interes za razvoj tehnologija kojima bi se toplinskom degradacijom PE-a, dobio proizvod dodane vrijednosti, kao što je npr. sintetsko mazivo. Takve tehnologije su poželjne jer bi se tada povećala ekonomska inicijativa za recikliranje polimera. [13]

Glavna prednost kemijskog recikliranja je mogućnost obrade heterogenog i onečišćenog plastičnog otpada, kojeg je teško razvrstati. Ako oporabitelj želi ostvariti udio recikliranja od 40 % ili više, suočit će se sa vrlo skupim potrebnim razvrstavanjem i odvajanjem, te stoga kemijsko recikliranje postaje odgovarajuće rješenje. Petrokemijska postrojenja su 6 do 10 puta veća od plastičarskih postrojenja, te je stoga nužno potaknuti petrokemijske pogone da zamijene uobičajene sirovine onima dobivenim kemijskim recikliranjem plastičnog otpada. [13]

4.2.1. Piroliza

Toplinska razgradnja pirolizom uključuje degradaciju polimernih materijala zagrijavanjem u odsutnosti kisika (obično u atmosferi ispunjenoj dušikom). Pri visokim temperaturama, ovisno o vrsti polimera, dolazi do raskidanja lanca makromolekula. [11]

Iako se pri temperaturi procesa od 700 °C, preradom otpadne plastike i gume dobiva ulje, uglavnom se postrojenja koriste za preradbu cjelokupnog (mješovitog) otpada, pa je temperatura provođenja postupka 1000 °C, što za posljedicu ima potpunu razgradnju makromolekula, te je konačni proizvod pirolitički plin. [1]

Upravo je mogućnost proizvodnje čistog, visokokaloričnog goriva iz čvrstog mješovitog otpada glavna značajka ove tehnologije. Sadržani ugljikovodik iz otpada se pretvara u plin, koji se može koristiti za plinske motore, uz dobivanje električne energije, ili za dobivanje toplinske energije. Ogrijevna vrijednost dobivenog plina je od 22 do 30 MJ/m³, ovisno o sadržaju otpada koji se obrađuje. Niže ogrijevnosti se dobivaju kada je veći udio biološkog otpada, dok se više vrijednosti ostvaruju kod ostalog otpada. Također, visokokalorični plin se dobiva ako otpad sadrži velike količine sintetskih materijala, kao što su plastika i guma. Osim plina, produkt pirolize je čada, koja sadrži ugljik i minerale, pri čemu se energija iz ugljika može iskoristiti u idućoj fazi obrade. [13]

Pirolizu karakteriziraju operativne prednosti i financijska isplativost, a uz to ne onečišćuje okoliš. Operativne prednosti podrazumijevaju iskorištavanje izlaznog ostatka, tj. čađe, kao goriva ili sirovine u drugim petrokemijskim procesima, te dimne plinove koje nije potrebno pročišćavati. [13]

4.2.2. Rasplinjavanje

Rasplinjavanje je postupak kojim se iz otpada dobivaju gorivo i zapaljivi plinovi. Zrak se kod ovog postupka koristi za iniciranje procesa rasplinjavanja, što ima više prednosti. Glavna prednost korištenja zraka umjesto čistog kisika je jednostavnost procesa, a ujedno i snižavanje troškova. Postupak rezultira značajnom količinom čađe koju je potrebno spaliti ili daljnjim postupcima obraditi. [13]

Radna temperatura postupka je od 800 do 1600 °C uz tlak od 15 do 30 MPa, a kao sredstva za rasplinjavanje primjenjuju se kisik, zrak, vodena para i ugljični dioksid, pojedinačno ili u kombinaciji. [3]

Većina rasplinjavajućih i pirolitičkih procesa ima četiri faze: [14]

- 1) Priprema otpadne sirovine, koja može biti u obliku otpadnog goriva, proizvedenog mehaničko-biološkim postupkom. Alternativno, postrojenje može koristiti miješani otpad i prvo ga obraditi kroz određene vrste reciklažnih postrojenja, kako bi se uklonili materijali koji se mogu reciklirati te materijali bez ogrijevne vrijednosti.
- 2) Zagrijavanje otpada u atmosferi s malo kisika kako bi se proizveo plin, ulje i čađa (pepeo).
- 3) Čišćenje plina kako bi se uklonili pojedini sastojci, ugljikovodici i topljiva tvar.
- 4) Upotreba očišćenog plina za generiranje struje, i u nekim slučajevima topline.

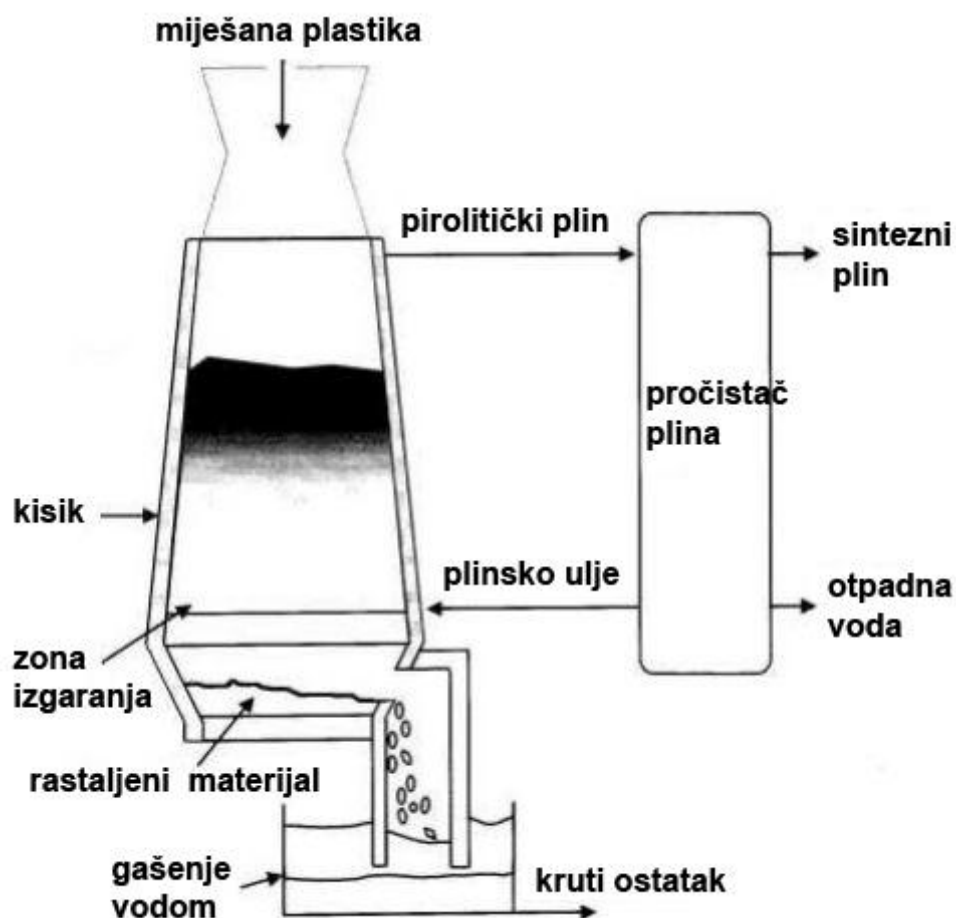
Moguća su dva načina rasplinjavanja: [3]

- u stalnom (nepokretnom) sloju i
- u vrtložnom (fluidiziranom) sloju.

Rasplinjavanje u vrtložnom sloju se primjenjuje češće zbog: [3]

- boljeg kontakta sa sredstvom za rasplinjavanje,
- velike brzine prijenosa topline,
- ujednačenih temperatura kroz cijeli sloj,
- nastali klorovodik se može neutralizirati dodatkom kalcijevog oksida u vrtložnom sloju,
- bolja prevencija nastajanja dioksina.

Na slici 4.5 prikazan je PUROX postupak rasplinjavanja, koji koristi čisti kisik kao sredstvo za rasplinjavanje. Temperatura reaktora je 1700 °C, a dobiveni sintetski plin sadrži 80 % energije sadržane u plastičnom otpadu. [3]



Slika 4.5. PUROX postupak rasplinjavanja plastičnog otpada [3]

4.2.3. Spaljivanje plazmom

Plazma tehnologija je poznata više od pola stoljeća, a razvijena je i korištena prvenstveno u metalurškoj industriji za proizvodnju visokokvalitetnog čelika. Danas je široko primijenjena za zbrinjavanje miješanog otpada, pa se tako u Japanu primjenom dva konvertera, dnevno preradi 200 tona otpada. [15]

Vrlo vruću plazmu tvori ionizirani plin (npr. kisik pri normalnom tlaku) u jakom električnom luku, s rasponom snage od 2 do 20 MW. Temperatura takve plazme je od 6 000 do 10 000 °C. Pri tako visokim temperaturama, svi sastojci otpada, uključujući metale, otrovne materijale, silikate, itd. se potpuno tale i tvore neotrovnju šljaku. Plastika, biološki i kemijski ostaci, otrovni plinovi se potpuno razgrađuju u jednostavne plinove, uglavnom vodik i ugljični dioksid. Jednostavni plinovi, uglavnom vodik, se mogu iskoristiti kao ekološko gorivo za dobivanje toplinske i električne energije, značajno smanjujući cijenu stvaranja plazme i zbrinjavanja otpada. Ponovno sakupljeni metali tijekom procesa razgradnje se mogu sigurno vratiti u metaluršku industriju, a troska se može iskoristiti kao dodatak cestovnim i građevinskim materijalima. [15]

Zbrinjavanje miješanog otpada primjenom ove metode ne uzrokuje štetne emisije i ne proizvodi štetni pepeo, koji se obično javljaju kod spalionica. Na slici 4.6 prikazana je shema rada plazma postrojenja. [15]



Slika 4.6. Shema rada plazma postrojenja [15]

Glavne prednosti plazma tehnologije su: [15]

- uspješno razgrađuje sve vrste otpada (komunalni, opasni, otrovni ili smrtonosni otpad i dr.) zbog visoke temperature, omogućujući raskidanje molekularnih veza,
- prikladna je za zatvorene sustave, bez ispuštanja pepela, otpadnih ostataka, prašine i otrovnih plinova u okoliš,
- volumno smanjenje za većinu čvrstog otpada je u omjeru 300:1, dok konvencionalne spalionice imaju omjer 5:1, pošto se proizvodi velika količina pepela,
- omogućuje preradu velikih količina miješanog otpada, od 50 do 100 tona dnevno,
- pepeo nastao spaljivanjem u konvencionalnim spalionicama se može spaliti plazmom, te ga učiniti bezopasnim,
- današnja plazma postrojenja su upravljana računalom, sigurna, tiha, a mogu biti stacionarna ili mobilna.

4.3. Energijska uporaba

Postupci energijske uporabe temelje se na iskorištenju topline koju sadržavaju polimeri, koji su u pravilu gorivi materijali. Poticaj tom načinu zbrinjavanja otpada jest sve manji raspoloživi prostor za odlagališta. Otpad koji se na neki drugi način više ne može iskoristiti, spaljuje se, radi smanjenja njegova obujma na odlagalištima. [1]

Energijska se uporaba primjenjuje za dobivanje električne energije, što pridonosi izravnom sniženju troškova ekvivalentne količine loživog ulja. Provodi se s pomoću čistoga kisika, a osnovna joj je prednost da zahtijeva za dvije trećine manje uređaje za pročišćavanje dimnih plinova koji se (zbog visoke temperature, 1600 °C) sastoje od 48 % ugljičnog dioksida i 1,5 % ugljičnog monoksida. To omogućuje da se održe propisane granične vrijednosti emisije, pa je prema današnjim spoznajama, takva uporaba neškodljiva za ljude i okoliš. [1]

Više je postupaka energijske uporabe: [1]

- spaljivanje plastičnog otpada,
- uporaba plastičnoga i gumenog otpada u cementnim pećima i
- energijska obradba plastičnog otpada zajedno s muljem.

Postrojenja u kojima se vrši energijska uporaba su energane na otpad. Za razliku od spalionica, kojima je primarni cilj smanjenje obujma samog otpada, energane na otpad funkcioniraju na principu izgaranja pri čemu se iskorištava nastala topline za proizvodnju električne energije.

Pri izgaranju otpada, neizbježan nusprodukt su štetne emisije. Onečišćenost emisija je usko povezana s načinom izgaranja, tj. vrstom goriva, stoga je potrebno prije ispuštanja u okoliš maksimalno smanjiti udio čestica koje štetno utječu na zdravlje.

Postrojenje za pročišćavanje emisija danas se konstruira u seriji stupnjeva za pročišćavanje koji mogu uključivati ciklonske separatore, vrećaste filtre i/ili filtre od aktivnog ugljena. Progresivno stroža legislativa tijekom posljednjih desetljeća dovela je do toga da su emisije iz energana vrlo čiste. Moderni sustavi za pročišćavanje emisija mogu smanjiti čestice u emisijama na vrlo nisku razinu, tako da mnoge energane zapravo pročišćavaju okolišni zrak koji prolazi kroz njih. [5]

Zbog zabrinutosti javnosti za emisije iz energana na otpad, Europska unija izdala je 2000. godine *Direktivu o spaljivanju*. Primjena direktive na postrojenja za dobivanje energije iz otpada izgaranjem relativno je jednostavna u tehničkom smislu, no zahtijevala je bitan redizajn procesa izgaranja pa je stoga skupa. Zahtijevaju se deset puta niže koncentracije emisija iz energana na otpad u odnosu prema ekvivalentno velikoj termoelektrani na ugljen. Prijašnje spalionice imale su lošu reputaciju zbog ispuštanja određenih toksina, najviše dioksina i furana. [5]

5. OPORABA PLASTIČNOG OTPADA U EUROPI

Europska organizacija *PRO EUROPE* predstavlja udruženje 33 sustava iz raznih zemalja sa ciljem sakupljanja i recikliranja ambalažnog otpada. Ona predstavlja temelj za najbolji način zbrinjavanja plastičnog otpada i razmjenu podataka, te daljnji razvoj uporabe ambalaže u Europi i svijetu. [16]

Organizacija je utemeljena kao izravan odgovor na smjernice Europske Unije o zbrinjavanju ambalažnog otpada iz 1994. godine. Glavni cilj organizacije je spriječiti tržišne granice, u smislu da nacionalni i europski zakoni omoguće neometanu slobodnu trgovinu između država članica. [16]

Primarni cilj *PRO EUROPE*-a je dodijeliti *Green Dot* sustavima pojedinih država koje se žele uključiti u sakupljanja i uporabu. *Green Dot* (slika 5.1) je registrirani zaštitni znak u više od 170 zemalja, koji znači da je za ambalažu na kojoj se nalazi plaćena financijska naknada ovlaštenom državnom oporabitelju, sukladno odredbama definiranim *Europskom direktivom 94/62 za ambalažu i ambalažni otpad* i nacionalnim zakonima. [16]

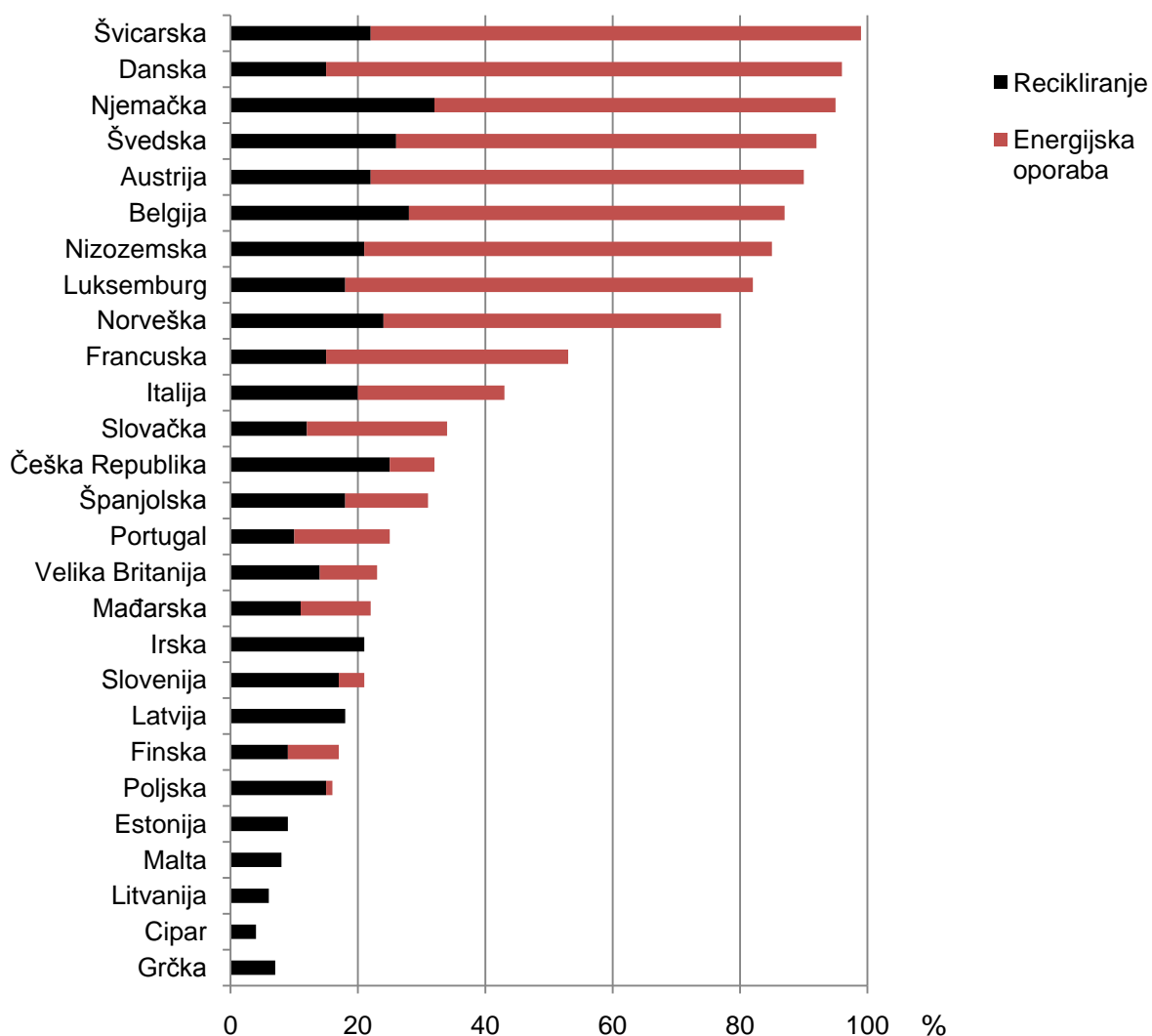


Slika 5.1. *Green Dot* oznaka [16]

Od svojih početaka, PRO EUROPE je postao velika europska mreža koja organizira izmjenu iskustava i znanja između svih 33 sustava u 26 država članica (Austrija, Belgija, Bugarska, Cipar, Republika Češka, Estonija, Finska, Francuska, Njemačka, Grčka, Mađarska, Irska, Italija, Latvija, Litva, Luksemburg, Malta, Nizozemska, Poljska, Portugal, Rumunjska, Slovačka, Slovenija, Španjolska, Švedska i Velika Britanija), dviju država kandidata za ulazak u organizaciju, Hrvatske i Turske, te Srbije, Norveške, Islanda, Ukrajine i Kanade. [16]

Najveći udio otpadne plastike koja se u današnje vrijeme reciklira dolazi od plastične ambalaže. Tako se u EU, Norveškoj i Švicarskoj reciklira oko 40 % svih sakupljenih boca i industrijskih folija te više od 90 % svih sakupljenih plastičnih sanduka. Međutim udio recikliranja sakupljenoga miješanog plastičnog otpada prilično je nizak, ispod 10 %. [17]

Na slici 5.2 prikazan je udio recikliranja i energijske oporabe u pojedinim europskim državama u 2009. godini.



Slika 5.2. Oporaba plastičnog otpada u Europi [18]

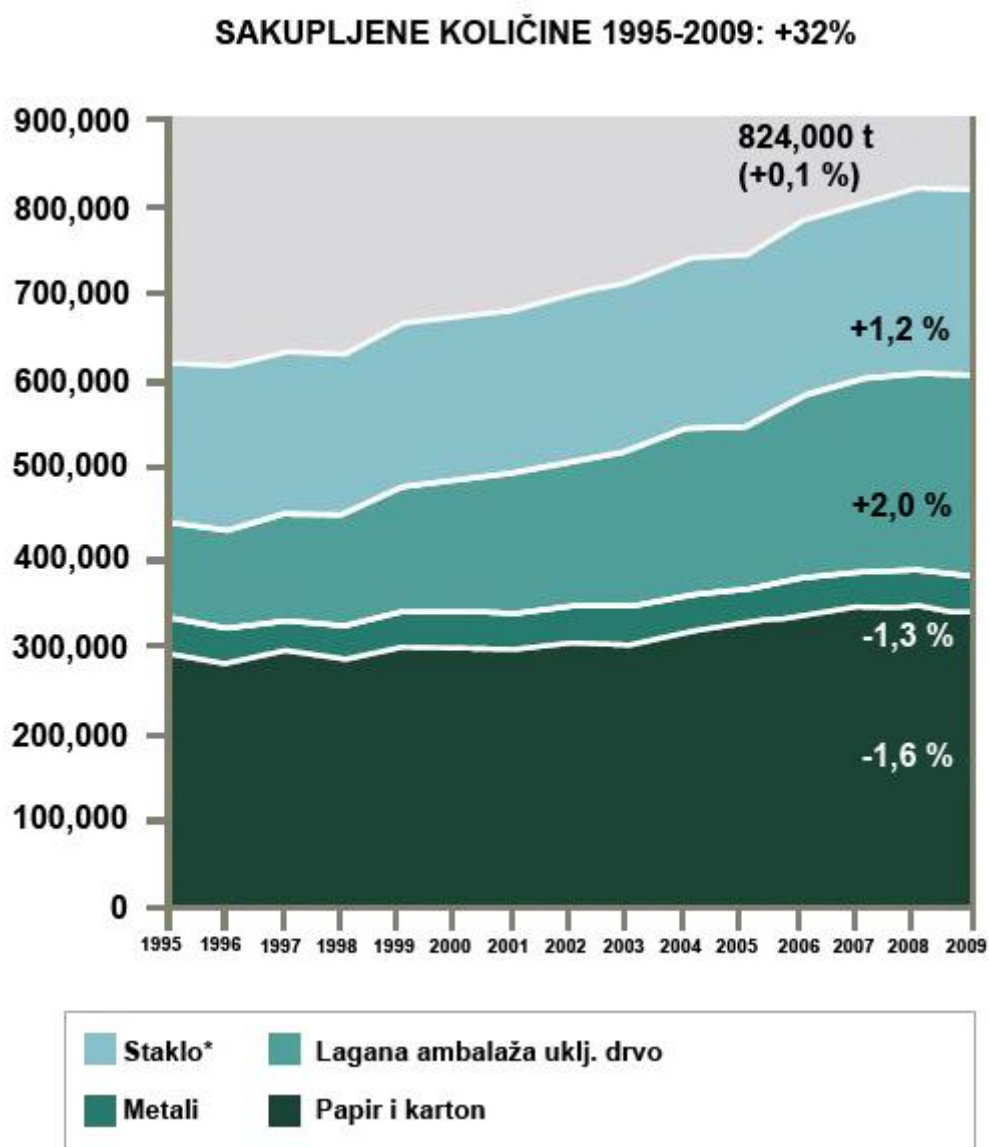
5.1. Sakupljanja i uporabe plastičnog otpada u Austriji

Altstoff Recycling Austria Aktiengesellschaft (ARA), je osnovana 1993. godine na inicijativu austrijskog tržišta i industrije. Kao uslužna tvrtka, ARA osigurava široku ponudu usluga svim tvrtkama na koje se odnosi austrijska odredba o ambalaži. [19]

ARA je središnji izvor podataka za tvrtke koje traže informacije o sakupljanju i uporabi ambalaže. Kao neprofitna organizacija, ARA se vodi načelima učinkovitosti, isplativosti i ekološke održivosti. Zajedno sa AGR, organizacijom za recikliranje stakla, ARA organizira sakupljanje i uporabu svih vrsta ambalaže diljem zemlje, uz osiguravanje vrlo učinkovite kombinacije sakupljanja, dostave i reciklažnih centara. Korisnicima ARA usluga dopušteno je korištenje etikete *Green Dot* na ambalažnim proizvodima koje distribuiraju na austrijskom tržištu. [19]

ARA sustavom se iz godine u godinu povećava količina sakupljenog i oporabljene otpada, i trenutno iznosi oko 770 000 tona godišnje. Odvojenim sakupljanjem i recikliranjem ostvaruje se ušteda od 600 000 tona ekvivalentnog ugljičnog dioksida godišnje, čime ARA sustav doprinosi zaštiti okoliša. Odvojeno sakupljanje postalo je uobičajena navika u Austriji, pa tako prema anketi provedenoj 2009. godine, 96 % potrošača u Austriji odvojeno sakuplja ambalažni otpad. [16]

Na slici 5.3 prikazan je udio sakupljenog ambalažnog otpada ARA sustavom.



Slika 5.3. Udio sakupljenog ambalažnog otpada ARA sustavom [16]

5.2. Sakupljanje i uporaba plastičnog otpada u Belgiji

Izmijenjeni pravilnik o suradnji između tri belgijske regije, Flanders, Wallonia i Bruxelles, koji se odnosi na ambalažni otpad, stupio je na snagu 1. siječnja 2009. godine. Izmijenjeni pravilnik uključen je u smjernice dane belgijskim zakonom, i postavlja ciljeve većeg recikliranja i uporabe (tablica 5.1), uz izuzetak tvrtki koje godišnje plasiraju na tržište manje od 300 kg ambalaže, te prenose odgovornost sa punionica na proizvođače i uvoznike ambalaže. [16]

Tvrtke koje svoje ambalažirane proizvode plasiraju na belgijskom tržištu mogu se uključiti u FOST PLUS sustav potpisivanjem sporazuma o članstvu. Tvrtke članice plaćaju doprinose FOST PLUS-u, temeljene na godišnjoj količini i vrsti ambalaže koju plasiraju na tržište. Tvrtke čija proizvodnja ne prelazi 300 kg godišnje, nisu obuhvaćene zakonom, ali se mogu uključiti u FOST PLUS sustav ako žele koristiti *Green Dot* oznaku. U tom slučaju plaćaju fiksni godišnji doprinos od 30 eura. [16]

Tablica 5.1. Rezultati sakupljanja i uporabe ostvareni u 2009. godini [16]

Ambalažni materijal	Cilj (%)	Rezultati 2009. (%)
Staklo	60	112,2
Papir/karton	60	122,7
Karton za pića	60	77,1
Metal	50	102,3
Plastika	30	37,6
UKUPNO RECIKLIRANO	80	93,1
UKUPNO OPORABLJENO	90	96,5

U tablici 5.2 prikazani su prihodi ostvareni plaćanjem naknade za korištenje *Green Dot* oznake.

Tablica 5.2. Prihodi ostvareni plaćanjem naknade za korištenje *Green Dot* oznake [16]

Ambalažni materijal	Naknada EUR/t
Staklo	18,4
Papir/karton	17,6
Čelik	37,6
Aluminij	137,9
PET boce	199,4
Boce od PE-HD	199,4
Karton za pića	272,8
Ostali oporabljivi materijali	313,5
Ostali neoporabljivi materijali	441,7

FOST PLUS izvršava petogodišnji ugovor s gradskim vlastima, detaljno opisujući kako će se ambalažni otpad sakupljati i razvrstavati, te po kojoj cijeni. U oko 50 % slučajeva, taj posao obavljaju privatne tvrtke za zbrinjavanje otpada, a ostatak sakupljaju i razvrstavaju lokalne vlasti. Uz cjelokupne troškove sakupljanja i razvrstavanje, FOST PLUS također plaća koordinaciju te osigurava kvalitetno upravljanje i komunikaciju s građanima. [16]

FOST PLUS sustav prikuplja otpad na tri načina: [16]

- Staklo se prikuplja na načina da građani sami donose ambalažu do kontejnera i posebno odvajaju po boji. Na 1 000 stanovnika postavlja se jedan kontejner.
- Papir i karton sakupljaju se zajedno s otisnutim papirom jednom mjesečno od strane ovlaštenih sakupljača.

- Plastične boce, metalna ambalaža i karton za pića sakuplja se dva puta mjesečno, također od strane ovlaštenih sakupljača.

Službeni predstavnici Europske Komisije stavljaju Belgiju na prvo mjesto po udjelu recikliranja i oporabe. U 2009. godini, FOST PLUS je postigao udio recikliranja od 93 %, koji se odnosi na ambalažu tvrtki koje su članice FOST PLUS sustava. Sustav pokriva cijelu državu velikim i jednolikim sustavom sakupljanja ambalaže, a nedavna anketa pokazuje kako 95 % građana Belgije želi sudjelovati u odvojenom sakupljanju, te kako su vrlo zadovoljni pruženim uslugama. Nadalje, smatraju kako je to najvažniji doprinos pojedinaca u zaštiti okoliša. [16]

6. SUSTAV ZBRINJAVANJA PLASTIČNOG OTPADA U RH

Zbrinjavanje plastičnog otpada u RH je u usporedbi s europskim zemljama još uvijek nedovoljno razvijeno. Da bi se uspješno provodila strategija zbrinjavanja plastičnog otpada, potrebno je osigurati dovoljne količine odvojeno sakupljenog otpada, te izgraditi postrojenja koja su sposobna sakupljeni otpad preraditi. Problem odvojenog sakupljanja je najčešće glavna prepreka ostvarivanju željenih ciljeva. Građane je teško motivirati da sudjeluju u odvojenom sakupljanju plastičnih proizvoda ako pri tome ne ostvare neku novčanu dobit.

6.1. Zbrinjavanje ambalažnog otpada (PET boce)

U Hrvatskoj se od 1.siječnja 2006. primjenjuje *sustav pologa*, kao način za razvrstavanje i prikupljanje PET ambalaže, a nastao je na temelju: [20]

- Zakona o otpadu (*Narodne novine* broj 178/04) koji nalaže odvojeno sakupljanje i skladištenje otpada čija se vrijedna svojstva mogu iskoristiti, i
- Pravilnika o ambalaži i ambalažnom otpadu (*Narodne novine* broj 97/05 i 115/05) koji uređuje način postupanja s ambalažom i ambalažnim otpadom.

Sustav pologa podrazumijeva da se potrošaču za proizvod u PET ambalaži, uz redovnu cijenu proizvoda, obračuna i polog koji se nakon povratka prazne PET boce vraća kupcu. Na taj se način potrošač financijski stimulira na povratak prazne PET ambalaže. Dosadašnja iskustva su pokazala da se uz polog postiže vrlo visok postotak povratka iskorištene PET ambalaže. Osim visokog postotka povratka, preko 90 %, prednost ovog sustava je što sakupljeni materijal sadrži vrlo nizak postotak nečistoća. Stimulacija potrošača za povratak prazne PET ambalaže i djelotvornost sustava ovise o visini pologa. U organizaciju sustava moraju biti uključeni proizvođači, veletrgovci, distributeri i potrošači. Isto tako provedba zahtijeva kompleksnu i relativno skupu logistiku.

Distributeri moraju osigurati dovoljno skladišnog prostora za prihvrat prazne PET ambalaže, što često predstavlja dodatni problem. Međutim, visoki postotak povratka opravdava ekonomsku isplativost provedbe sustava. [20]

Građani su od početka siječnja 2006. mogli u trgovinama i komunalnim poduzećima vraćati nepovratnu PET ambalažu, a po jedinici vraćene ambalaže ostvariti povrat od 50 lipa. S obzirom da većina trgovačkih lanaca nije bila spremna sakupljati ambalažni otpad, donesena je odluka da to čine komunalne tvrtke i ovlašteni skupljači s kojima je Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost sklopio ugovore, do 16. ožujka 2006. Građani su u tom razdoblju mogli predati komunalnim tvrtkama od 10 do 100 jedinica PET ambalaže i za to dobiti propisanu naknadu. Cilj ovog projekta, koji je trajao do sredine ožujka, bio je sakupiti što više neobilježene ambalaže jer je nakon tog razdoblja svaka plastična boca trebala imati natpis *povratna ambalaža* i utisnutu oznaku za recikliranje da bi mogla biti vraćena. [20]

Nakon završetka prijelaznog razdoblja, trgovine čija površina prelazi 200 m² počele su otkupljivati ambalažu od svojih potrošača i razvrstavati je prema vrsti ambalažnog materijala. Sukladno odredbama Pravilnika, navedene trgovine dužne su imati posebne spremnike u kojima će prikupljati ambalažu i voditi evidenciju. [20]

O uspješnosti sakupljanja PET ambalaže govori to da je danas gotovo nemoguće vidjeti odbačenu PET bocu u kantama za smeće ili u okolišu.

6.2. Odvojeno sakupljanje otpada

Kada se govori o odvojenom sakupljanju otpada, tada se kao najveći problem nameće motivacija građana da se aktivno uključe u sustav. Edukacija i osiguravanje spremnika za tako odvojeno sakupljeni otpad, prvi su korak u uspješnom provođenju strategije.

Primjer uspješne provedbe sustava odvojenog sakupljanja otpada su Otok Krk te Grad Čakovec.

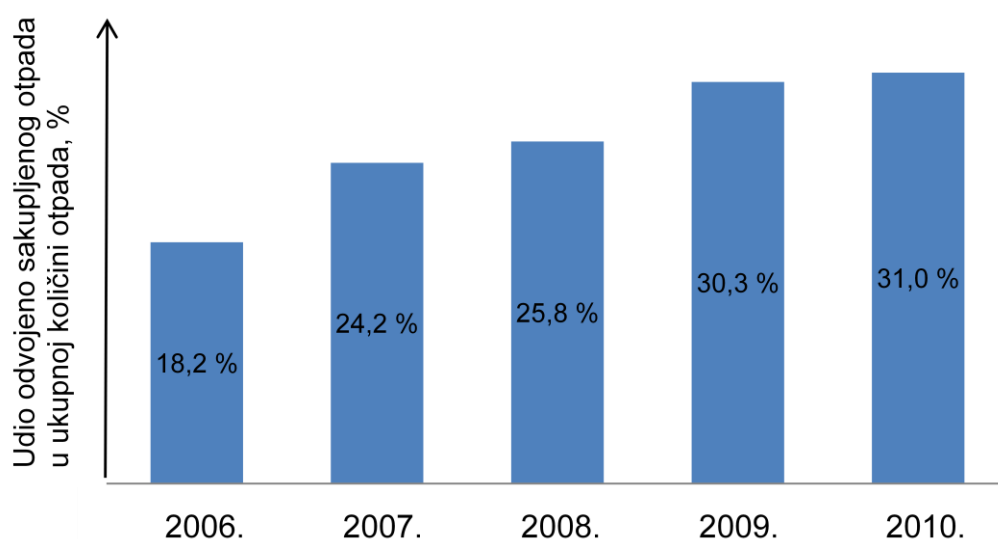
U lipnju 2005. godine na otoku Krku uveden je ekološki zasnovan sustav zbrinjavanja komunalnoga otpada, popularno nazvan *Eko otok Krk*. Eko otok Krk predstavlja cjelovit model zbrinjavanja otpada, prvi takav u Hrvatskoj, a omogućuje zbrinjavanje svih vrsta otpada. U sustav je do sada uloženo 25 milijuna kuna, a tijekom 2010. godine planirano je proširenje nove plohe odlagališta i sanacija njegovoga starog dijela za što će se izdvojiti dodatnih 12 milijuna kuna. [21]

Za funkcioniranje sustava na otoku Krku je raspodijeljeno 7000 spremnika na 1400 mjesta. Kućni se otpad odvojeno prikuplja u pet spremnika: biootpad, papir, PET, staklo i ostalo (slika 6.1). [21]



Slika 6.1. Spremnici za pojedine vrste kućnog otpada [21]

Otok Krk ima i sedam *POSAM*-a, posebnih sabirnih mjesta (Omišalj, Malinska, Krk, Punat, Baška, Vrbnik, Dobrinj) na kojima građani odlažu glomazni kućni otpad (elektronički otpad, stari namještaj, bijela tehnika, automobilske olupine, automobilske pneumatice) i opasni otpad. Na posebnim sabirnim mjestima od građana se otkupljuje i ambalaža za koju im se isplaćuje naknada od 0,50 kn po komadu (PET, staklo, aluminij). Trenutačno se odvojeno prikuplja oko 30% ukupne količine proizvedenog otpada (slika 6.2). [21]



Slika 6.2. Udio odvojeno prikupljenog otpada [21]

U suvremenom reciklažnom dvorištu razvrstani se otpad obrađuje i priprema za recikliranje, dok se nerazvrstani dio otpada najsuvremenijim metodama zbrinjava na odlagalištu Treskavac. Cilj je svake godine povećati udio razvrstanoga otpada za pet posto. [21]

Osim otoka Krka, značajan napredak u gospodarenju otpadom ostvaren je u Gradu Čakovcu. Primijenjen je koncept gospodarenja otpadom u tri faze: [22]

- Izbjegavanje nastanka otpada (prevencija) ima najviši prioritet i uključuje obrazovanje, čistiju proizvodnju, proizvode i potrošnju, smanjivanje ambalaže, hrvatsku burzu otpada.

- Vrednovanje (iskorištavanje) proizvedenog otpada ima zadaću iskoristiti materijalna i energijska svojstva otpada u granicama tehničkih, ekoloških i ekonomskih mogućnosti, ponovnog korištenja, recikliranja i oporabe, a najvažniji su elementi odvojeno sakupljanje i recikliranje otpada.
- Odlaganje ostatnog otpada na uređena kontrolirana (sanitarna postojeća ili nova) odlagališta otpada u hijerarhiji otpada rangirano je najniže.

Da bi se pridobilo korisnike na suradnju, korišteni su edukativni letci, radijski jingle-ovi, TV spotovi, radionice u školama i vrtićima i sl. Primjer letka s uputama kako postupati s otpadom prikazan je na slici 6.3. [22]



Slika 6.3. Letak s uputama kako postupati s otpadom [22]

Razlog zašto više gradova ne provodi navedene strategije prvenstveno je politika predstavničkih tijela lokalnih samoupravnih jedinica. Naime, potrebne investicije za takve projekte teško se uklapaju u proračun lokalnih samoupravnih jedinica. [22]

6.3. Probni projekt odvojenog sakupljanja ostalog plastičnog otpada

Fond za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost započeo je od 1. siječnja 2009. s probnim odvojenim prikupljanjem ostalog plastičnog otpada. Koncesiju za sakupljanje takvog otpada na deset godina dobila je tvrtka *Eko Velebit*, koja je otvorila novi pogon u Gračacu. U suradnji s lokalnom komunalnom tvrtkom *Čistoća* započela je s otkupom ambalaže od polietilena i polipropilena koja se uglavnom upotrebljava za šampone, deterdžente, vrećice, kutije za hranu i slično, dok će ambalažu od ostalih vrsta materijala samo preuzimati za zbrinjavanje. [17]

Tijekom veljače i ožujka 2009. podijeljeno je po kućanstvu 12 vreća namijenjenih sakupljanju ostalih polimera sa odgovarajućim uputama. Prikupljene količine ostalih polimera predaju se na uporabu tvrtci *Eko Velebit* u Gračacu. [23]

Prvi rezultati projekta su sljedeći: [23]

- Zadarska županija: izravno iz čistoće Zadar dopremljeno je 10,62 tone otpada, dok je iz Odlagališta sirovina, u Zadar dopremljeno 8,2 tone otpada. Prema procjeni na području cijele županije u tri mjeseca sakupljeno je oko 200 tona otpada, odnosno oko 2 kg po kućanstvu, od čega je desetak posto predano *Eko Velebitu*.
- Split: u četiri termina, od 2. travnja do 28. svibnja 2009. sakupljeno je oko 850 kg ostalih polimera (4 tisuće domaćinstava).
- dio Međimurske županije: 25 tisuća domaćinstava opskrbljeno je namjenskim vrećama Fonda. Za distribuciju su zadužene tvrtke *GKP Čakom*, *GKP Pre-kom* i *Murs-ekom*. Navedene tvrtke imaju dobre pokazatelje gospodarenja otpadom i sustav odvojenog skupljanja provode već nekoliko godina. U prosjeku godišnje sakupe 30 kg polimera po domaćinstvu.

- Virovitica: početkom svibnja 2009. podijeljene su vreće Fonda za 13 tisuća domaćinstava. *Eko Velebitu* predali su oko 16 tona polimernog otpada koji je slabo razvrstan (u otpadu je bilo oko 40 kg medicinskog otpada).
- Vukovar: U jednom terminu skupili su oko 500 kg polimernog otpada.

U masi od 1,3 milijuna tona komunalnog otpada godišnje, procijenjuje se da amalažni otpad čini 100 000 tona, od čega PE-HD i slični materijali, koji se dosad nisu organizirano reciklirali, čine 20 %. [24]

Prema najavama Fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost, uskoro bi na snagu trebala stupiti izmjena i dopuna *Pravilnika o ambalaži i ambalažnom otpadu*. Konkretno, stupanjem na snagu te izmjene Pravilnika, riješit će se otvoreno pitanje zbrinjavanja višeslojne ambalaže, odnosno PE-HD boca. Naime, građanima bi se kao i za PET boce i limenke isplaćivala povratna naknada od 0,50 kuna po boci. [25]

Što se tiče recikliranja spomenute višeslojne ambalaže i PE-HD-a, *Eko Velebit* već sad ima proizvodni program na bazi tako dobivenog reciklata, od kojeg proizvodi razne vrste profila za upotrebu u poljoprivredi, za izradu klupa, podne obloge i slično. [24]

7. PRIJEDLOG SUSTAVA ZBRINJAVANJA PLASTIČNOG OTPADA U RH

Sustav sakupljanja PET ambalaže uspješno se provodi na području cijele države, te stoga ne predstavlja važnu stavku u pogledu onečišćenja okoliša i neiskorištavanja vrijednih materijala. Problem se javlja kada se govori o ostalim plastičnim materijalima, kao što su PE-LD vrećice, PP boce, proizvodi od PE-HD-a i sl.

Da bi se projekt odvojenog sakupljanja ostalog plastičnog otpada primijenio na državnoj razini, nužno je osigurati potrebne uvjete za uspješno funkcioniranje sustava. Uvjeti koje je potrebno osigurati su:

- izgradnja centara za gospodarenje otpadom u mjestima koja nisu u blizini postojećih centara za gospodarenje ambalažnim otpadom. U centrima se obavlja preuzimanje, razvrstavanje, skladištenje, prešanje i baliranje plastičnog otpada, a zatim se tako pripremljen plastični otpad otprema na daljnje zbrinjavanje u postrojenje za recikliranje,
- osigurati dovoljan broj spremnika u koje će građani odlagati plastični otpad,
- osigurati prijevoz sakupljenog plastičnog otpada do centara za gospodarenje ambalažnim otpadom koji će preuzeti sakupljeni plastični otpad, razvrstati ga i pripremiti za odvoženje do ovlaštenog koncesionara za recikliranje ostalog plastičnog otpada, Eko Velebita u Gračacu,
- prilagoditi cjenik usluga odvoza komunalnog otpada, tj. sniziti cijene usluga za domaćinstva koja sudjeluju u odvojenom sakupljanju plastičnog otpada.

Trenutno, tvrtka Eko Velebit u svojim pogonima vrši oporabu plastičnog otpada, a ima koncesiju idućih deset godina. Cilj tvrtke je u narednih deset godina reciklirati deset tisuća tona plastičnog otpada, a s trenutnim kapacitetom može granulirati oko deset tona plastičnog otpada na dan. [24]

Broj centara za prihvrat plastičnog otpada trebao bi se odrediti na temelju gustoće naseljenosti pojedinih područja, tj. po količini proizvedenog plastičnog otpada. Tako bi svaka županija, ovisno o broju stanovnika imala jedan ili dva centra u većim gradovima gdje bi se vršio prihvrat plastičnog otpada, te zatim transportirao u Eko Velebit na oporabu.

Broj spremnika za odvojeno sakupljanje također bi se odredio na temelju broja stanovnika. Tako bi se u gradovima, gdje je veći broj stambenih zgrada, trebalo osigurati jedan ili dva velika spremnika na 1000 stanovnika, dok bi se u manjim naseljima, gdje su uglavnom stambene kuće, plastični otpad sakupljao u posebne vreće koje bi osigurao Fond za zaštitu okoliša te zatim organizirano odvezio u Eko Velebit.

Kako se odvoz komunalnog otpada bave komunalna poduzeća, prijevoz odvojeno sakupljenog otpada do Centara bi vršila neka druga tvrtka, koja bi svoje usluge davala po prihvatljivoj cijeni. Tako bi se u većim gradovima odvoz vršio jednom tjedno, dok bi se po manjim naseljima odvojeno sakupljeni otpad odvezio dva puta mjesečno.

Prije nego li se krene u realizaciju infrastrukture i logistike koja će pratiti provedbu strategije, potrebno je educirati građane o prednostima odvojenog sakupljanja plastične ambalaže i ostalih plastičnih proizvoda. Edukacija podrazumijeva informiranje građana putem letaka, televizijskih spotova, radionica u vrtićima i školama i na ostale načine o prednostima odvojenog sakupljanja, a s ciljem kako bi ih se potaknulo da počnu aktivno sudjelovati u provedbi strategije odvojenog sakupljanja otpada. Iako takav način edukacije zahtijeva velika financijska sredstva, dugoročno gledano takva investicija je opravdana. Kada se kroz razne radionice u vrtićima i školama pošalje poruka kako odvojeno sakupljanje plastičnog otpada ima veliki pozitivan učinak na zaštitu okoliša, za očekivati je kako će budući naraštaji usvojiti naviku odvojenog sakupljanja otpada od malih nogu, bez potrebe za dodatnom edukacijom.

Osim edukacije, vrlo važan faktor koji će potaknuti građane na ovakav sustav sakupljanja je drugačiji cijenik usluga odvoza otpada. Tako bi se cijena odvoza određivala prema obujmu otpada proizvedenog po kućanstvu. Primjer cijenika koji se primjenjuje u Gradu Čakovcu prikazan je u tablici 7.1. Prema takvom sustavu, oni koji sudjeluju u odvojenom sakupljanju otpada plaćaju komunalne usluge po nižim cijenama, ovisno o obujmu odvojeno sakupljenog otpada.

Tablica 7.1. Cijenik komunalnih usluga odvoza otpada u Gradu Čakovcu [26]

	ODVOZ 1 x TJEDNO ~ cijena u kn/mj.						
DOMAĆINSTVA	INDIVIDUALNO STANOVANJE	Obračun po volumenu posude za otpad	Posuda 120 lit	Osnovna uplata	kn/domaćinstvu	1	4,80
				Skupljanje i odvoz	kn/posudi	2	20,00
				Zbrinjavanje	kn/posudi	3	10,00
				Odvojeno skupljanje	kn/domaćinstvu	4	15,00
				Uklanjanje otpada koji je nepoznata osoba odbacila u okoliš	kn/domaćinstvo	5	1,00
				Koncesijska naknada	kn/domaćinstvu	6	0,00
				Ukupno	Σ st.1 – st. 6	7	50,80
				PDV	st.7 x 23 %	8	11,68
				Naknada za NUTVN*	kn/posudi st. 3 x 5 %	9	0,50
				Naknada JLS**	kn/posudi st. 3 x 30 %	10	0,00
				Investicije u zaštitu okoliša	kn/domaćinstvu	11	7,00
				SVEUKUPNO domaćinstvo sa 1 posudom 120 lit	kn/dom./mj. Σ st.7 – st. 11	12	69,98
	ODVOZ 2 x TJEDNO ~ cijena u kn/mj.						
	VIŠESTAMBENE ZGRADE	Obračun po volumenu posude za otpad	Posuda 120 litara	Osnovna uplata	kn/domaćinstvu	1	4,80
				Skupljanje i odvoz	kn/posudi	2	40,00
				Zbrinjavanje	kn/posudi	3	20,00
				Odvojeno skupljanje	kn/domaćinstvu	4	15,00
				Uklanjanje otpada koji je nepoznata osoba odbacila u okoliš	kn/domaćinstvo	5	1,00
				Koncesijska naknada	kn/domaćinstvu	6	0,00
				Ukupno	Σ st.1 – st. 6	7	80,80
				PDV	st.7 x 23 %	8	18,58
				Naknada za NUTVN*	kn/posudi st. 3 x 5 %	9	1,00
				Naknada JLS**	kn/posudi st. 3 x 30 %	10	0,00
				Investicije u zaštitu okoliša	kn/domaćinstvu	11	7,00
				SVEUKUPNO domaćinstvo sa 1 posudom 120 lit	kn/dom./mj. Σ st.7 – st. 11	12	107,38
	Domaćinstva u višestambenim zgradama plaćaju stvarne troškove odvoza i zbrinjavanja koji se dijele na suvlasnike prema broju članova domaćinstva. Podatke o broju članova u domaćinstvima dužni su davatelju usluge dostaviti upravitelji zgrada.						
	POPUSTI	Korisnici usluga, fizičke osobe, vlasnici nekretnina u M.O. Totovec oslobođeni su plaćanja usluge i svih naknada do razine posude volumena 120 litara.					
		Staračka domaćinstva, starosti ukućana 60 g. i više, sa najviše dva člana – osim u višestambenim zgradama!					30 %
		Samačka domaćinstva, bez obzira na godine starosti - osim u višestambenim zgradama !					40 %
		Korisnici novčane pomoći Centra za socijalnu skrb uz predočenje potvrde Centra.					50 %
* Naknada za Namirenje Umanjene Tržišne Vrijednosti Nekretnina							
** Naknada Jedinici Lokalne Samouprave na čijem se području nalazi građevina namijenjena zbrinjavanju otpada. Naknadu JLS ne plaćaju korisnici – fizičke osobe za nekretnine na području Grada Čakovca.							
Ukoliko se prilikom preuzimanja otpada od korisnika u otpadu nađu auto gume, ambalažni, električni, elektronički, opasni, infektivni otpad ili drugi zabranjeni sadržaj sukladno Zakonu o otpadu, Odluci o komunalnom redu, Odluci o uređenju i održavanju naselja, Općim uvjetima isporuke usluge i ostalim propisima koji reguliraju postupanje s otpadom, naplaćuje se dodatno sortiranje 20,00 kn (PDV uračunat) za svakih započetih 120 lit volumena posude.							
Korisnici imaju pravo na 3 (tri) kupona, svaki za odvoz do 2 m ³ glomaznog i/ili zelenog otpada tijekom kalendarske godine, te na 1 (jedan) kupon za nabavu vreća za odvojeno skupljanje otpada tijekom kalendarske godine.							

Također, osim educiranju građana o prednostima odvojenog sakupljanja, potrebno ih je upoznati i s mogućnostima iskorištavanja otpada kao goriva u energanama na otpad, te njihovom utjecaju na okoliš. Ustaljeno je mišljenje kako spaljivanje otpada podrazumijeva smrad i onečišćen zrak u okolini samog postrojenja za spaljivanje, pa samim time čim netko i spomene takvu ideju, nastaju prosvjedi zabrinutih ekologa. Energane na otpad prikladno su rješenje za veće gradove, u kojima se proizvodi veća količina otpada, pri čemu se toplina nastala spaljivanjem može iskoristiti za grijanje kućanstava putem toplane. Njihov izgled je moderan i lako se vizualno uklapaju u infrastrukturu grada, te je vrlo teško zaključiti da se radi o postrojenju koje zbrinjava otpad. Na slici 7.1 dan je prikaz moderne energane na otpad.



Slika 7.1. Energana na otpad, Esbjerg, Danska [27]

Ako se želi uspješno gospodariti otpadom, tada je potrebno primijeniti obje strategije. Odvojeno sakupljanje, tj. recikliranje i energijska uporaba u energanama na otpad predstavljaju najbolje rješenje za zbrinjavanje velikih količina otpada, ali se u pogledu energana na otpad na državnoj razini ništa ne poduzima. S obzirom da se daljnim gomilanjem otpada na odlagalištima zapravo gubi energija koja se u energanama na otpad može iskoristiti, objektivno je reći kako održivi razvoj nije moguć. Stoga je izgradnja energana na otpad prioritet ako se Hrvatska želi naći u društvu država koje su prepoznale vrijednost otpada, kao što su Belgija, Francuska, Švicarska i dr.

8. ZAKLJUČAK

Na primjeru otoka Krka i Grada Čakovaca, te na temelju podataka koji su dobiveni pilot projektom odvojenog sakupljanja otpada u pojedinim gradovima i županijama, vidljivo je kako postoji potencijal da se učinkovito zbrinjava otpadnu plastiku i gumu u RH. Država bi trebala poticati županije da se uključe u takve projekte, jer to je investicija za bolju budućnost. Mnogi spominju prirodne ljepote našeg mora, priobalnih gradova, te ostalih krajeva naše države, no unatoč svemu i dalje nisu iznimka slučajevi divljih odlagališta koja se nalaze upravo u blizini turističkih mjesta. Poruku koju takva *ilegalna odlagališta* šalju svijetu, dovoljno govori o ekološkoj osvještenosti samih državljana.

Na pitanje što izabrati: recikliranje ili energijsku uporabu, nije jednostavno odgovoriti. Da bi se otpad uspješno zbrinjavalo, potrebno je uskladiti te dvije strategije u skladu s mogućnostima određene regije.

Hrvatska će uskoro postati članicom Europske unije, a samim time će morati i prihvatiti obveze koje EU nameće. Među tim obvezama je pridržavanje *Smjernica* u kojima je kao cilj postavljeno povećanje količine recikliranih materijala, što se posebno odnosi na plastiku. Također postoje razne inicijative koje ne dolaze samo iz Europske komisije, već iz pojedinih zemalja članica, a primarni cilj je povećati udio oporabljenih otpadnih materijala te smanjiti odlaganje.

U narednih desetak godina, realno je za očekivati da se ostvare značajni pomaci na području zbrinjavanja otpada Hrvatskoj. Kada građani shvate kako otpad nije smeće, već izvor materijala i energije, koji se mogu iskoristiti za bolji, kvalitetniji i zdraviji život, te održivi gospodarski razvoj, tada će se i Hrvatska naći u vrhu zemalja koje su prepoznale vrijednost otpada.

9. LITERATURA

- [1] Čatić, I.: *Proizvodnja polimernih tvorevina*, Društvo za plastiku i gumu, Zagreb, 2006.
- [2] N.N.: *Recycling plastics*,
www.practicalaction.org/docs/technical_information_service/recycling_plastics.pdf,
20.6.2010.
- [3] Erceg, M.: *Oporaba plastike*, www.ktf-split.hr/bib/oporaba_plastike.pdf, 20.06.2010.
- [4] Odlagalište otpada, www.frames-consultants.hr/slike/projekti_max/odlagaliste.jpg,
25.11.2010.
- [5] Rujnić-Sokele, M.: *Otpad – vrijedan izvor energije*
www.hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=68705, 14.1.2010.
- [6] Hall, D.: *Waste management in Europe: framework, trends and issues*,
www.psiu.org/reports/2010-02-G-trends.doc, 20.06.2010.
- [7] Kogler K., *Life and waste recycling*,
www.ec.europa.eu/environment/life/publications/lifepublications/lifefocus/documents/recycling.pdf, 20.6.2010.
- [8] N.N.: *Waste management solutions*,
www.csiro.au/org/WasteManagementOverview.html, 21.06.2010.
- [9] N.N.: *Plastic Waste Management*, www.cpcb.nic.in/Highlights/2007/139-144.pdf,
22.6.2010.
- [10] Pehnec-Pavlović G.: *BSP projekt za industriju polimera*, Zagreb, 2008.,
www.hgk.biznet.hr/hgk/fileovi/14243.pdf, 14.1.2010.
- [11] Achilias D.S., Roupakias C., Megalokonomos P., Lappas A.A., Anatonakou E.V.:
Chemical recycling of plastic waste made from polyethylene and polypropylene,
www.aseanenvironment.info/Abstract/41016136.pdf, 06.07.2010.

- [12] N.N.: *Preradba i uporaba otpadne gume*, KTF-Split, www.tkojetko.irb.hr/documents/8305_833.pdf, 19.4.2010.
- [13] Al-Salem S.M., Lettieri P., Baeyens J.: *Recycling and recovery of plastic solid waste*, www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6VFR-4WNPBGW-1&_user=10&_coverDate=10%2F31%2F2009&_alid=1539313867&_rdoc=1&_fmt=high&_orig=search&_origin=search&_zone=rslt_list_item&_cdi=6017&_sort=r&_st=0&_docanchor=&_ct=1&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=ca94baa51f02210b38af5a0e6cd73c3d&searchtype=a, 06.07.2010.
- [14] N.N.: *Pyrolysis, gasification and plasma*, www.foe.co.uk/resource/briefings/gasification_pyrolysis.pdf, 06.07.2010.
- [15] N.N.: *Plasma Waste Disposal*, <http://www.plasmawastedisposal.com/>, 06.07.2010.
- [16] N.N.: *PRO EUROPE brochure*, www.fostplus.be/SiteCollectionDocuments/News/Congresbrochure%20DEF/index.html, 08.11.2010.
- [17] Rujnić-Sokele M.: *Je li moguć život bez plastike*, www.hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=59633, 19.4.2010.
- [18] Orth, P.: *Climate Change and Resource Efficiency-Opportunities with Plastics*, Ljubljana, 27.11.2009.
- [19] N.N.: ARA AG, www.ara.at/index.php?id=129, 10.11.2010.
- [20] N.N.: *Sustav sakupljanja PET ambalaže*, www.geog.pmf.hr/e_skola/geo/mini/pet_ambalaza/sustav_skupljanja.html, 02.12.2010.
- [21] N.N.: *Sustav prikupljanja i zbrinjavanja otpada*, www.ponikve.hr/sustav-prikupljanja-zbrinjavanja-otpada.php, 26.11.2010.
- [22] Avirović S.: *Gospodarenje otpadom u Čakovcu*, Ekološki zasnovano gospodarenje otpadom, Zagreb, 10.11.2010

- [23] Čolan, T.: *Sustav sakupljanja primarne i sekundarne ambalaže od ostalih polimernih materijala*, www.hgk.biznet.hr/hgk/fileovi/15430.ppt, 19.4.2010.
- [24] Rak-Šajn J.: *Eko Velebit u nacionalnom biznisu uporabe plastike u kućanstvima*, <http://www.vecernji.hr/biznis/eko-velebit-nacionalnom-biznisu-oporabe-plastike-kucanstvima-clanak-121583>, 02.12.2010.
- [25] N.N.: *U prosincu počinje otkup PE-HD višeslojnih boca*, www.jatrgovac.com/2010/11/u-prosincu-pocinje-otkup-hdpe-viseslojnih-boca/, 02.12.2010.
- [26] Cijenik usluga GKP Čakom, <http://www.cakom.hr/usluge/cistoca.html>, 03.12.2010.
- [27] Energana na otpad, Esbjerg, Danska, www.dbdh.dk/artikel.asp?id=464&mid=24, 10.11.2010.